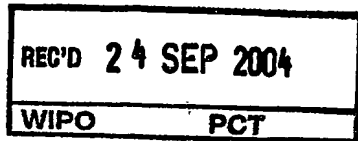


BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 103 37 094.3

Anmeldetag: 12. August 2003


Anmelder/Inhaber: MTU Aero Engines GmbH, 80995 München/DE

Bezeichnung: Einlaufbelag für Gasturbinen sowie Verfahren zur Herstellung desselben

IPC: F 01 D 11/12

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 14. September 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag


Ebert

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

A 9161
03/00
EDV-L

BEST AVAILABLE COPY

Einlaufbelag für Gasturbinen sowie Verfahren zur Herstellung desselben

Die Erfindung betrifft einen Einlaufbelag für Gasturbinen gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung
5 eines Einlaufbelags gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 9.

Gasturbinen, wie zum Beispiel Flugtriebwerke, umfassen in der Regel mehrere rotierende Laufschaufeln sowie mehrere feststehende Leitschaufeln, wobei die Laufschaufeln zusammen mit einem Rotor rotieren und wobei die Laufschaufeln sowie
10 die Leitschaufeln von einem feststehenden Gehäuse der Gasturbine umschlossen sind. Zur Leistungssteigerung eines Flugtriebwerks ist es von Bedeutung, alle Komponenten und Subsysteme zu optimieren. Hierzu zählen auch die sogenannten Dichtsysteme in Flugtriebwerken. Besonders problematisch ist bei Flugtriebwerken die Einhaltung eines minimalen Spalts zwischen den rotierenden Laufschaufeln und
15 dem feststehenden Gehäuse eines Hochdruckverdichters. Bei Hochdruckverdichtern treten nämlich die größten absoluten Temperaturen sowie Temperaturengradienten auf, was die Spalthaltung der rotierenden Laufschaufeln zum feststehenden Gehäuse des Verdichters erschwert. Dies liegt unter anderem auch darin begründet, dass bei Verdichterlaufschaufeln auf Deckbänder, wie sie bei Turbinen verwendet werden,
20 verzichtet wird.

Wie bereits erwähnt, verfügen Laufschaufeln im Verdichter über kein Deckband. Daher sind Enden bzw. Spitzen der rotierenden Laufschaufeln beim sogenannten Anstreifen in das feststehende Gehäuse einem direkten Reibkontakt mit dem Gehäuse
25 ausgesetzt. Ein solches Anstreifen der Spitzen der Laufschaufeln in das Gehäuse wird bei Einstellung eines minimalen Radialspalts durch Fertigungstoleranzen hervorgerufen. Da durch den Reibkontakt der Spitzen der rotierenden Laufschaufeln an denselben Material abgetragen wird, kann sich über den gesamten Umfang von Gehäuse und Rotor eine unerwünschte Spaltvergrößerung einstellen. Um dies zu vermeiden ist es aus dem Stand der Technik bereits bekannt, die Enden bzw. Spitzen
30 der rotierenden Laufschaufeln mit einem harten Belag oder mit abrasiven Partikeln zu panzern.

Eine andere Möglichkeit, den Verschleiß an den Spitzen der rotierenden Laufschaufeln zu vermeiden und für eine optimierte Abdichtung zwischen den Enden bzw. Spitzen der rotierenden Laufschaufeln und dem feststehenden Gehäuse zu sorgen, besteht in der Beschichtung des Gehäuses mit einem sogenannten Einlaufbelag. Bei
5 einem Materialabtrag an einem Einlaufbelag wird der Radialspalt nicht über den gesamten Umfang vergrößert, sondern in der Regel nur sichelförmig. Hierdurch wird ein Leistungsabfall des Triebwerks vermieden. Gehäuse mit einem Einlaufbelag sind aus dem Stand der Technik bekannt.

10 Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung das Problem zu Grunde, einen neuartigen Einlaufbelag für Gasturbinen zu schaffen.

Dieses Problem wird dadurch gelöst, dass der Eingangs genannte Einlaufbelag durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Patentanspruchs 1 weitergebildet ist.

15 Der erfindungsgemäße Einlaufbelag für Gasturbinen dient der Abdichtung eines radialen Spalts zwischen einem feststehenden Gehäuse der Gasturbine und rotierenden Laufschaufeln derselben. Der Einlaufbelag ist an dem Gehäuse angebracht. Erfindungsgemäß ist der Einlaufbelag aus einem intermetallischen Titan-Aluminium-
20 Werkstoff hergestellt.

Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung verfügt der Einlaufbelag aus dem Titan-Aluminium-Werkstoff über eine abgestufte oder gradierte Materialzusammensetzung und/oder Porosität. Besonders bevorzugt ist eine Ausgestaltung bei
25 welcher der Einlaufbelag in einem inneren, unmittelbar benachbart zum Gehäuse liegenden Bereich und an einem äußeren, unmittelbar benachbart zu den Laufschaufeln liegenden Bereich weniger porös ausgebildet ist als zwischen diesen beiden Bereichen. Der Einlaufbelag ist an dem inneren, unmittelbar benachbart zum Gehäuse liegenden Bereich und an dem äußeren, unmittelbar benachbart zu den Laufschaufeln liegenden Bereich demnach dichter und härter ausgebildet. Der innere, unmittelbar benachbart zum Gehäuse liegende Bereich dient dabei der Haftvermittlung;
30 der äußere, unmittelbar benachbart zu den Laufschaufeln liegende Bereich dient der Bereitstellung eines Erosionsschutzes.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung eines Einlaufbelags ist im unabhängigen Patentanspruch 9 definiert.

Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Unter-
5 ansprüchen und der nachfolgenden Beschreibung.

Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung, ohne hierauf beschränkt zu sein, an Hand der Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigt:

- 10 Fig. 1: eine stark schematisierte Darstellung einer Laufschaufel einer Gasturbine zusammen mit einem Gehäuse der Gasturbine und mit einem auf dem Gehäuse angeordneten Einlaufbelag.

Fig. 1 zeigt stark schematisiert eine rotierende Laufschaufel 10 einer Gasturbine, die
15 gegenüber einem feststehenden Gehäuse 11 in Richtung des Pfeils 12 rotiert. Auf dem Gehäuse 11 ist ein Einlaufbelag 13 angeordnet. Der Einlaufbelag 13 dient der Abdichtung eines radialen Spalts zwischen einer Spitze bzw. einem Ende 14 der rotierenden Laufschaufel 10 und dem feststehenden Gehäuse 11. Die Anforderungen, die an einen solchen Einlaufbelag gestellt werden, sind sehr komplex. So muss der
20 Einlaufbelag ein optimiertes Abriebverhalten aufweisen, d.h. es muss eine gute Spanbildung und Entfernbarekeit des Abriebs gewährleistet sein. Weiterhin darf kein Materialübertrag auf die rotierenden Laufschaufeln 10 erfolgen. Der Einlaufbelag 13 muss des weiteren einen niedrigen Reibwiderstand aufweisen. Des weiteren darf sich der Einlaufbelag 13 beim Anstreifen durch die rotierenden Laufschaufeln 10
25 nicht entzünden. Als weitere Anforderungen, die an den Einlaufbelag 13 gestellt werden, seien hier die Erosionsbeständigkeit, Temperaturbeständigkeit, Thermowechselbeständigkeit, Korrosionsbeständigkeit gegenüber Schmierstoffen und Meerwasser exemplarisch genannt. Fig. 1 verdeutlicht, dass bedingt durch die beim Betrieb der Gasturbine auftretenden Fliehkräfte und die Erwärmung der Gasturbine die En-
30 den 14 der Laufschaufeln 10 mit dem Einlaufbelag 13 in Kontakt kommen und so ein Abrieb 15 freigesetzt wird. Dieser pulverisierte Abrieb 15 darf keine Beschädigungen an den rotierenden Laufschaufeln 10 hervorrufen.

Bei dem in Fig. 1 schematisch dargestellten Gehäuse 11 handelt es sich nach dem bevorzugten Ausführungsbeispiel um das Gehäuse eines Hochdruckverdichters. Derartige Gehäuse von Hochdruckverdichtern bestehen zunehmend aus intermetallischen Werkstoffen vom Typ TiAl oder Ti₃Al. Derartige intermetallische Titan-
5 Aluminium-Werkstoffe verfügen über eine geringere Dichte und sind hinsichtlich der Temperaturfestigkeit herkömmlichen Titanlegierungen überlegen.

Es liegt nun im Sinne der hier vorliegenden Erfindung, auf ein Gehäuse 11, das aus einem intermetallischen Titan-Aluminium-Werkstoff hergestellt ist, einen Einlaufbelag
10 13 ebenfalls aus einem intermetallischen Titan-Aluminium-Werkstoff aufzubringen. Es sei darauf hingewiesen, dass ein derartiger Einlaufbelag aus einem intermetallischen Titan-Aluminium-Werkstoff auch auf einem Gehäuse aufgebracht sein kann, welches aus einer herkömmlichen Titanlegierung besteht.

15 Im Sinne der hier vorliegenden Erfindung verfügt der Einlaufbelag 13 aus dem intermetallischen Titan-Aluminium-Werkstoff über eine abgestufte, d.h. sich stufenweise ändernde, oder über eine gradierte, d.h. über eine sich nahezu stufenlos ändernde, Materialzusammensetzung und/oder Porosität. Durch die gezielte Einstellung der Materialzusammensetzung und/oder Porosität können die Eigenschaften des Ein-
20 laufbelags 13 an die konkreten Anforderungen desselben angepasst werden.

Nach einer bevorzugten Weiterbildung des erfindungsgemäßen Einlaufbelags 13 verfügt derselbe in einem inneren, unmittelbar zum Gehäuse 11 benachbarten Bereich
25 16 über eine geringe Porosität, ebenso wie in einem äußerem, unmittelbar zu den Laufschaufeln 10 benachbarten Bereich 17. Zwischen diesem inneren Bereich 16 und diesem äußerem Bereich 17 hingegen ist die Porosität des Einlaufbelags vergrößert. Der innere, unmittelbar am Gehäuse 11 anliegende Bereich 16 des Einlaufbelags 13 dient der Haftvermittlung zwischen Einlaufbelag 13 und Gehäuse 11. Der äußere, unmittelbar zu den Laufschaufeln 10 benachbarte Bereich 17 des Einlaufbe-
30 lags 13 bildet einen Erosionsschutz. Je nach Anforderung an den Einlaufbelag 13 kann auf diesen Erosionsschutz jedoch auch verzichtet werden.

Das Verhältnis von Titan und Aluminium innerhalb des aus dem intermetallischen Titan-Aluminium-Werkstoff hergestellten Einlaufbelags 13 ist vorzugsweise annähernd konstant. Dies bedeutet, dass in diesem Fall ausschließlich die Porosität des Einlaufbelags 13 zur Beeinflussung der Härte und Festigkeit desselben abgestuft oder gradiert ist.

Es ist jedoch auch vorstellbar, dass das Verhältnis von Titan und Aluminium innerhalb des Einlaufbelags 13 abgestuft oder gradiert ist. In diesem Fall ist vorzugsweise im inneren, unmittelbar benachbart zum Gehäuse 11 liegenden Bereich 16 im Einlaufbelag 13 mehr Titan enthalten als im äußeren Bereich 17 des Einlaufbelags 13. Dies bedeutet, dass im äußeren Bereich 17 des Einlaufbelags 13 mehr Aluminium enthalten ist als im inneren Bereich 16 desselben, der an das Gehäuse 11 angrenzt.

Die Verwendung eines Einlaufbelags aus einem intermetallischen Titan-Aluminium-Werkstoffs auf einem Gehäuse, welches ebenfalls aus einem intermetallischen Titan-Aluminium-Werkstoff oder einer Titanlegierung gebildet ist, verfügt über den Vorteil, dass die Anbindung des Einlaufbelags an das Gehäuse über chemische Bindungen erfolgt und damit die Anbindung sicherer und dauerhafter ist als bei Einlaufbelägen nach dem Stand der Technik. Weiterhin wird sich zwischen einem Einlaufbelag und einem Gehäuse, die über die gleiche Grundzusammensetzung verfügen, keine Hochtemperaturdiffusion zwischen Gehäuse und Einlaufbelag einstellen. Weiterhin gibt es keine thermischen Ausdehnungsprobleme, da sich Gehäuse und Einlaufbelag bei Temperaturerhöhung bzw. Temperaturniedrigung gleichmäßig ausdehnen bzw. zusammenziehen. Dadurch kann eine gleichmäßigere Spalthaltung und eine höhere Lebensdauer des Einlaufbelags erzielt werden. Ein erfindungsgemäß ausgebildeter Einlaufbelag verfügt des weiteren über eine hohe Oxidationsbeständigkeit sowie hohe Thermowechselbeständigkeit. Die Schaufelspitzen der rotierenden Laufschaufeln unterliegen nur einem minimalen Schaufelspitzenabrieb.

Es liegt im Sinne der hier vorliegenden Erfindung, den erfindungsgemäßen Einlaufbelag 13 dadurch herzustellen, dass der Einlaufbelag 13 in Form eines Schlickerwerkstoffs bereitgestellt wird und mithilfe der Schlickertechnik auf das Gehäuse 11 aufgetragen wird. Ein derartiger Schlickerwerkstoff auf Basis eines intermetallischen

Titan-Aluminium-Werkstoffs wird vorzugsweise durch Pinseln, Tauchen oder Spritzen auf das Gehäuse 11 aufgetragen. Dies erfolgt vorzugsweise in mehreren Schritten bzw. Schichten, so dass sich ein mehrschichtiger Einlaufbelag 13 ausbildet.

- 5 Zur Einstellung der gewünschten Porosität in den jeweiligen Schichten werden in den Schlickerwerkstoff Zusatzmaterialien eingelagert. Nach dem Auftragen des Schlickerwerkstoffs erfolgt ein Aushärten bzw. Einbrennen des Schlickerwerkstoffs auf das Gehäuse 11. Bei dem Einbrennen verdampfen die dem Schlickerwerkstoff zugesetzten Zusatzstoffe, wodurch die Poren innerhalb des Einlaufbelags 13 zurückbleiben.
- 10 Durch die Anzahl und Art der zugesetzten Zusatzstoffe lässt sich die Porosität, nämlich die Anzahl und Größe der Poren, einstellen.

- Alternativ kann der Einlaufbelag 13 auch dadurch hergestellt werden, dass derselbe mithilfe eines gerichteten Materiedampfstrahls aufgetragen wird. Ein derartiger gerichteter Materiedampfstrahl kann mithilfe eines PVD (Physical Vapor Deposition)-Verfahrens oder eines CVD (Chemical Vapor Deposition)-Verfahrens erzeugt werden.
- 15 Kurz vor dem Auftreffen des gerichteten Materiedampfstrahls auf Basis eines intermetallischen Titan-Aluminium-Werkstoffs wird in den Materiedampfstrahl mindestens ein Zusatzstoff eingeschleust bzw. eingelagert, wobei diese Zusatzstoffe beim nachträglichen Einbrennen wiederum verdampft werden und dabei die Poren innerhalb
- 20 der oder jeder Schicht des Einlaufbelags 13 hinterlassen.

- Bei den Zusatzstoffen zur Einstellung der Porosität kann es sich um sogenannte Microballs, d.h. gefüllte oder hohle Kunststoffkügelchen, um Polystyrolkügelchen oder
- 25 auch andere Materialien handeln, die beim Einbrennen des intermetallischen Titan-Aluminium-Materials verdampfen.

Sowohl mithilfe der Schlickertechnik als auch der PVD- bzw. CVD-Technik lässt sich der erfindungsgemäße Einlaufbelag besonders günstig herstellen.

Bezugszeichenliste

	Laufschaufel	10
	Gehäuse	11
5	Pfeil	12
	Einlaufbelag	13
	Ende	14
	Abrieb	15
	Bereich	16
10	Bereich	17

Patentansprüche

1. Einlaufbelag für Gasturbinen, zur Abdichtung eines radialen Spalts zwischen einem Gehäuse (11) der Gasturbine und rotierenden Laufschaufeln (10) derselben, wobei der Einlaufbelag (13) auf das Gehäuse (11) aufgebracht ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Einlaufbelag (13) aus einem intermetallischen Titan-Aluminium-Werkstoff hergestellt ist.
2. Einlaufbelag nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Einlaufbelag (13) aus dem Titan-Aluminium-Werkstoff über eine abgestufte oder gradierte Materialzusammensetzung und/oder Porosität verfügt.
3. Einlaufbelag nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Einlaufbelag (13) aus dem Titan-Aluminium-Werkstoff an einem dem Gehäuse (11) zugewandten Bereich weniger porös ausgebildet ist als an einem den rotierenden Laufschaufeln (10) zugewandten Bereich.
4. Einlaufbelag nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Einlaufbelag (13) in einem inneren, unmittelbar benachbart zum Gehäuse (11) liegenden Bereich und an einem äußeren, unmittelbar benachbart zu den Laufschaufeln (10) liegenden Bereich weniger porös ausgebildet ist als zwischen diesen beiden Bereichen.
5. Einlaufbelag nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verhältnis von Titan und Aluminium innerhalb des Einlaufbelags (13) annähernd konstant ist, wobei ausschließlich die Porosität zur Einstellung einer Dichte und/oder Härte und/oder Festigkeit desselben abgestuft oder gradiert ist.
6. Einlaufbelag nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** auch das Verhältnis von Titan und Aluminium innerhalb des Einlaufbelags (13) abgestuft oder gradiert ist, wobei der Einlaufbelag (13)

an einem den rotierenden Laufschaufeln (10) zugewandten Bereich mehr Aluminium enthält als an einem dem Gehäuse (11) zugewandten Bereich.

- 5 7. Einlaufbelag nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Einlaufbelag (13) aus dem Titan-Aluminium-Werkstoff auf einem Gehäuse (11) aus einem intermetallischen Titan-Aluminium-Werkstoff aufgebracht ist.
- 10 8. Einlaufbelag nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Einlaufbelag (13) aus dem Titan-Aluminium-Werkstoff unmittelbar auf dem Gehäuse (11) aus Titan-Aluminium-Werkstoff aufgebracht ist.
- 15 9. Verfahren zur Herstellung eines Einlaufbelags für Gasturbinen, zur Abdichtung eines radialen Spalts zwischen einem Gehäuse (11) der Gasturbine und rotierenden Laufschaufeln (10) derselben, wobei der Einlaufbelag (13) auf dem Gehäuse (11) angebracht wird, mit folgenden Schritten:
- a) Bereitstellen eines Gehäuses (11),
- b) Aufbringen des Einlaufbelags (13) aus einem intermetallischen Titan-Aluminium-Werkstoff auf das Gehäuse.
- 20 10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Einlaufbelag (13) aus dem Titan-Aluminium-Werkstoff derart aufgebracht wird, dass derselbe über eine abgestufte oder gradierte Materialzusammensetzung und/oder Porosität verfügt.
- 25 11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Einlaufbelag (13) aus dem Titan-Aluminium-Werkstoff derart aufgebracht wird, dass derselbe an einem dem Gehäuse (11) zugewandten Bereich weniger porös ausgebildet ist als an einem den rotierenden Laufschaufeln (10) zugewandten Bereich.
- 30 12. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Einlaufbelag (13) aus dem Titan-Aluminium-

Werkstoff auf einem Gehäuse (11) aus einem intermetallischen Titan-Aluminium-Werkstoff aufgebracht wird.

- 5 13. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 9 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Zusammenhang mit Schritt b) der Einlaufbelag (13) derart auf das Gehäuse (11) aufgebracht wird, dass hierzu mindestens eine Schicht eines Titan-Aluminium-Schlickerwerkstoffs aus das Gehäuse (11) aufgetragen wird, wobei anschließend die oder jede Schicht des Titan-Aluminium-Schlickerwerkstoffs durch Einbrennen ausgehärtet wird.
- 10 14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** in die oder jede Schicht des Titan-Aluminium-Schlickerwerkstoffs Zusatzstoffe eingelagert werden, wobei diese Zusatzstoffe beim Einbrennen verdampft werden und dabei die Poren innerhalb der oder jeder Schicht des Einlaufbelags (13) hinterlassen.
- 15 15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die oder jede Schicht des Titan-Aluminium-Schlickerwerkstoffs durch Pinseln, Tauchen oder Spritzen aufgetragen wird.
- 20 16. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 9 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Zusammenhang mit Schritt b) der Einlaufbelag (13) derart auf das Gehäuse (11) aufgebracht wird, dass hierzu mindestens eine Titan-Aluminium-Schicht mit Hilfe eines gerichteten Materiedampfstrahls, insbesondere eines PVD-Materiestrahls, auf das Gehäuse (11) aufgetragen
- 25 wird, wobei anschließend die oder jede Schicht des Materiedampfstrahls durch Einbrennen ausgehärtet wird.
- 30 17. Verfahren nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** kurz vor dem Auftreffen des gerichteten Titan-Aluminium-Materiedampfstrahls Zusatzstoffe in den Titan-Aluminium-Materiedampfstrahl eingeschleust werden, wobei diese Zusatzstoffe beim Einbrennen verdampft werden und dabei die Poren innerhalb der oder jeder Schicht des Einlaufbelags (13) hinterlassen.

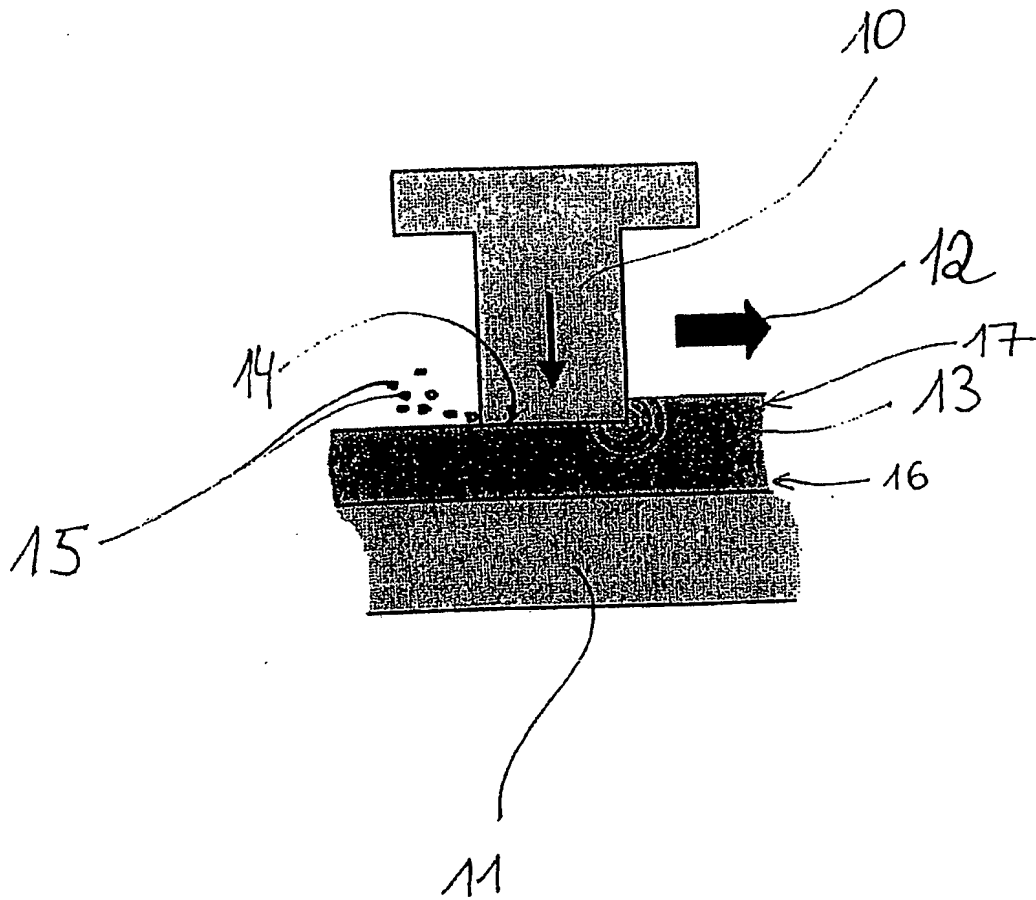


Fig. 1

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft einen Einlaufbelag für Gasturbinen.

5

Der Einlaufbelag dient der Abdichtung eines radialen Spalts zwischen einem Gehäuse (11) der Gasturbine und rotierenden Laufschaufeln (10) derselben, wobei der Einlaufbelag (13) auf dem Gehäuse angebracht ist.

10

Erfindungsgemäß ist der Einlaufbelag (13) aus einem intermetallischen Titan-Aluminium-Werkstoff hergestellt (Fig. 1).

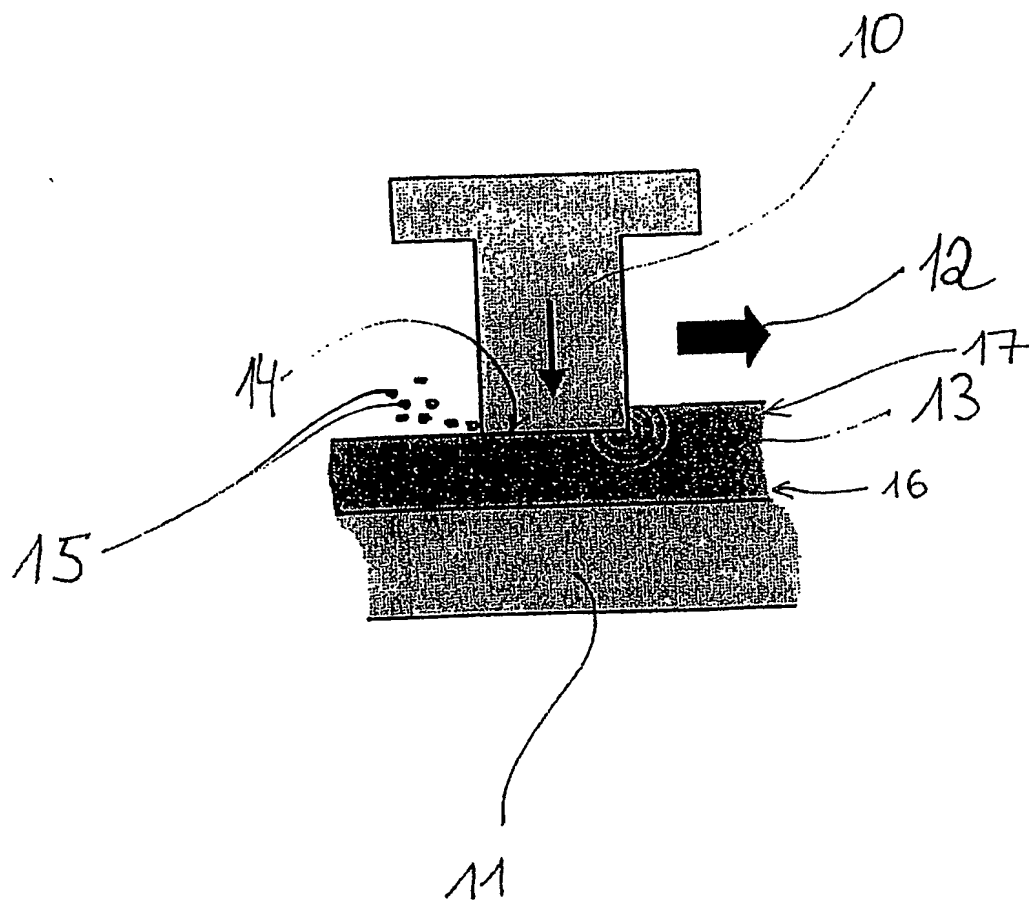


Fig. 1